

## АНАЛИЗ ЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ АТМ

### Введение

Построение широкополосных цифровых сетей интегрального обслуживания (ШЦСИО) на технологии асинхронного режима передачи (*Asynchronous Transfer Mode - ATM*), способной обеспечить функционирование самых различных приложений (*Any Media*) в общей сетевой среде, в настоящее время есть признанная парадигма [1-4]. Как известно [5,6], основной проблемой построения любой цифровой сети интегрального обслуживания является совмещение разнородных потоков информации в процессе коммутации и передачи с учетом требований к количественным параметрам трафика и качеству его обслуживания. Главной особенностью ШЦСИО-АТМ, в отличие от существующих широкополосных сетевых пакетных технологий, является наличие в ней механизма такого совмещения, который позволяет организовать в сети пять категорий обслуживания поступающей нагрузки с предоставлением требуемого качества сервиса *QoS (Quality of Service)*.

В настоящее время отсутствуют универсальные методики анализа и синтеза ШЦСИО-АТМ, базирующиеся на системном подходе к рассматриваемому вопросу. На практике это приводит к значительным излишним капитальным затратам при ее создании и неоптимальному использованию физических ресурсов сети (пропускной способности цифровых трактов передачи, вычислительной мощности коммутационного оборудования узлов (коммутаторов АТМ) и емкости их буферных накопителей для промежуточного хранения информации) конкретным приложением и/или оператором связи при назначении параметров трафика и качества его обслуживания.

Целью настоящей работы является анализ логической структуры транспортной системы (ТС) АТМ, которая отвечает за качественный перенос разнородного трафика между конкретными сетевыми приложениями с требуемой скоростью, и выявление особенностей ее реализации для определения общих принципов проектирования сетей указанного класса.

### 1. Организация обслуживания трафика в сети АТМ

Построение ШЦСИО-АТМ требует решения задачи совмещения по крайней мере двух типов трафика, а именно, - изохронного (речь, видео, факсимиле) и асинхронного (данные, файлы).

Отличительной особенностью изохронного трафика является требование к соблюдению в реальном времени относительно точных временных промежутков между порциями информации на передающем и приемном портах цифрового тракта, т. е. под изохронностью будем понимать свойство потока информации сохранять при передаче с заданной точностью временное расположение его отдельных элементов. Передача трафика в реальном времени требует поддержания в сеансе связи заданной величины постоянной составляющей сетевой задержки (называемой сетевой задержкой - *network delay*, задержкой передачи или транзитной задержкой - *transit delay*, а также запаздыванием - *latency*), а заданный уровень изохронности определяет величину переменной составляющей сетевой задержки или ее флуктуации (*jitter*). Обеспечение требуемого уровня изохронности, который может быть допущен в ШЦСИО-АТМ, важен по двум причинам. Во-первых, в любых сетях с пакетной коммутацией величина переменной составляющей сетевой задержки должна быть по крайней мере меньше, чем величина требуемой изохронности передачи (например, для передачи речи [5,6] в силу психофизиологических особенностей человека она должна заканчиваться ко времени возобновления звучания в пункте назначения вновь прибывших речевых сегментов и

полезно знать точность, с которой это возобновление звуковых сегментов должно происходить). Во-вторых, проектируемые ШЦСИО-АТМ должны обеспечивать поддержание переменной задержки в заданных границах для различных типов и изохронного трафика и эти границы должны быть известны. В дальнейшем, под изохронным трафиком будем понимать цифровую речь, как наиболее характерный трафик из данного класса.

Асинхронный трафик, в отличие от изохронного, допускает сравнительно большие вариации постоянной задержки, требует высокой достоверности передачи информации и не критичен к поддержанию изохронности при передаче по каналам связи. Далее, под асинхронным трафиком будем понимать диалоговые данные, требующие для своей передачи минимальной сетевой задержки по сравнению с другими видами трафика из указанного класса.

Таблица 1

Класс трафика	Характеристика
<b>A</b>	Постоянная битовая скорость. С установлением соединения. Требуется изохронность передачи трафика (аудио-, видеoinформация).
<b>B</b>	Переменная битовая скорость. С установлением соединения. Требуется изохронность передачи трафика (сжатая аудио-, видеoinформация).
<b>C</b>	Переменная битовая скорость. С установлением соединения. Требования к изохронности передачи трафика не предъявляются (неравномерный компьютерный трафик сетей TCP/IP, X.25, frame relay). Требования к достоверности передачи высокие.
<b>D</b>	Переменная битовая скорость. Без установления соединения. Требования к качеству передачи трафика не предъявляются (компьютерный трафик UDP, Ethernet, SNMP).

Требование к изохронности передачи информации является одним из главных при делении типов трафика на классы. Другим важным параметром, существенно влияющим на способ передачи трафика в сети АТМ, является величина его пульсаций. В ШЦСИО-АТМ различают трафик с постоянной битовой скоростью и трафик с переменной битовой скоростью. К разным классам были отнесены также трафики, порождаемые приложениями, использующими для обмена сообщениями протоколы с установлением соединений или без установления соединений. В результате, разработчиками технологии АТМ было определено четыре класса трафика, основные характеристики которых приведены в таблице 1.

Указанным классам трафика сеть АТМ(в терминах АТМ Forum) предоставляет определенные категории обслуживания, которые поддерживаются одноименными службами:

1. *CBR(Constant Bit Rate)* – ориентирована в основном на предоставление услуг для трафика класса А с установлением соединения и поддержанием изохронности передачи end-to-end в режиме эмуляции виртуального канала(аналог синхронного режима передачи). Служба CBR резервирует максимальную полосу пропускания заранее и гарантирует качество передачи трафика любого класса с требуемыми параметрами QoS без анализа природы передаваемой информации;
2. *VBRrt(Variable Bit Rate real time)* – предоставляет услуги для трафика класса В с установлением соединения, поддержанием средней битовой скорости и заданной изохронности передачи в реальном времени, т.е. может быть использована для передачи речи с применением механизмов подавления пауз и компрессии или сжатого(например, MPEG) видео. *VBRnrt(Variable Bit Rate non real time)* – предоставляет услуги для трафика класса С с установлением соединения и поддержанием средней битовой скорости передачи без соблюдения изохронности передачи;

3. ABR(*Available Bit Rate*) – предоставляет услуги для трафика класса C с установлением соединения и поддержанием минимальной битовой скорости передачи данных, некритичных к задержкам, с заданной достоверностью без соблюдения синхронизации источника и приемника с предоставлением пользователю невостребованной(доступной) полосы пропускания физического канала;
4. UBR(*Unassighned Bit Rate*) - предоставляет услуги для трафика класса D (некритичного к задержкам) без установления соединения и без гарантии качества обслуживания данных, т.е. поддерживает режим передачи низкоприоритетных данных с переменной скоростью без назначения гарнированной полосы пропускания.

Каждая категория обслуживания поддерживает определенный набор параметров качества обслуживания и параметров трафика, которые задает конкретное приложение или администратор сети ATM. Задание для информационных потоков той или иной категории обслуживания определяет, по существу, степень приоритетности трафика, а также тип протокола передачи и процедуру обработки в узлах коммутации, производя таким образом «окраску» класса трафика в сети ATM.

## 2. Архитектура ATM

Для описания сервисов ATM, предоставляемых различным приложениям при организации переноса по сети разнородного трафика в режиме асинхронной передачи, а также для выявления общих принципов проектирования ШЦСИО-ATM на основе анализа и синтеза ее логической, программной и физической структур, предлагается использовать язык и принципы формализованного описания объектов исследования, примененные в модели архитектуры взаимодействия открытых систем OSI[9] и получившие дальнейшее развитие в работах [5,6] для сетей интегрального обслуживания.

Под архитектурой ATM будем понимать уровневую организацию необходимых функций, их программных реализаций и протоколов, которые должны выполняться сетью ATM при предоставлении услуг любому приложению по высокоскоростной асинхронной передаче разнородного трафика.

Исследование архитектуры ATM позволяет:

- *иерархически разделить функции ATM, на логически завершенные функциональные группы задач(логические уровни), для определения механизмов реализации основных характеристик сети, а также с целью обеспечения прозрачности нижних функциональных уровней сетевой архитектуры по отношению к верхним уровням;*
- *выявить особенности ATM, связанные с распределением и передачей двух типов трафика(изохронного и асинхронного);*
- *детализировать протоколы и форматы протокольных блоков соответствующих уровней применительно к передаче и обработке разнородного трафика;*
- *обеспечить эффективное использование физических ресурсов сети;*
- *обеспечить многообразие реализаций программных и аппаратных технологий в сети;*
- *обеспечить простоту модификации различных элементов ATM, характеризующихся частой сменой оборудования и развитием сети во времени и др.*

Архитектура ATM описывает построение и взаимосвязь ее логической, программной и физической структур.

Логическая структура ATM рассматривает взаимосвязь и взаимодействие функциональных(логических) уровней между собой и позволяет проанализировать работу всей сети ATM в целом и на каждом логическом уровне в отдельности, а также определить ее логические ресурсы. Логическая структура описывает полный функциональный профиль ATM и базируется на рассосредоточении процессов передачи и обработки разнородной

информации по функциональным уровням каждой из ее систем[10-12], при этом каждая система сети рассматривается в виде логически взаимосвязанной совокупности подсистем[11]. Уровни образуют подсистемы одного ранга.

- *Система в модели OSI - это совокупность одной или нескольких ЭВМ, соответствующего программного обеспечения, периферийных устройств и пользователей, способных обрабатывать и передавать информацию.*

Любой уровень состоит из активных элементов, именуемыми объектами (*entity*), которые реализуют услуги по вводу/выводу, передаче и распределению массивов информации (например, управление потоком, маршрутизация, защита информации от ошибок и др.). Объекты N-уровня реализуют определенные функции N-уровня и связываются друг с другом *соединениями*, которые создаются и поддерживаются нижележащими уровнями. Каждое соединение определяет функциональное взаимодействие двух либо больше объектов, расположенных на одном и том же уровне. Спецификации каждого логического уровня всегда включают в себя спецификацию *протокола* и спецификацию *сервиса(услуги)*, который обеспечивается соответствующей службой и поддерживается этим протоколом для вышерасположенного уровня.

- *Сервис - это функциональные возможности N-уровня, которые предоставляются в распоряжение объектам N+1-уровня в N-точках доступа услуг.*

Сервис N-уровня предоставляется уровню N+1 через сервисные точки доступа смежных уровней, которые играют роль логических интерфейсов(правил взаимодействия между смежными уровнями).

- *Точка доступа к службе(service access point - SAP) – это точка, через которую запрашивается и предоставляется сервис уровня. Каждая точка доступа к службе имеет индивидуальный адрес, который однозначно идентифицирует конкретный объект N+1-уровня, использующий сервис N - уровня.*

Одноранговые объекты взаимодействуют между собой с помощью одного или нескольких протоколов, которые поддерживают объявленные сервисы. Спецификация протоколов N-уровня определяет форматы управляющих и информационных полей протокольных блоков уровня, процедуры обмена протокольными блоками между объектами N-уровня в разных системах, а также механизм выбора указанных процедур из списка возможных [11,12]. Протокольным блоком данных уровня (*protocol data unit - PDU*) называются фрагменты информации, пересылаемые между одноранговыми объектами уровня двух систем. Каждый функциональный N-уровень строит протокольный блок данных из сервисного блока данных(*service data unit - SDU*), переданного вниз с N+1-уровня, добавляя к нему управляющую информацию конкретного протокола взаимодействия одноранговых объектов своего N-уровня(*protocol control information - PCI*).

Программная, структура ATM базируется на декомпозиционной иерархии ее программного обеспечения и описывает взаимодействие связанных между собой отдельных программ, отображающих работу и взаимосвязь логических уровней.

Физическая структура ATM базируется на конкретных технических устройствах и позволяет оптимально реализовать в них отдельные логические функции или их совокупность.

### **3. Логическая структура транспортной системы ATM**

Логическая структура ATM включает в себя четыре функциональных уровня[11,12-15]: физический, который подразделяется на подуровень конвергенции передачи(*Transmission Convergence - TC*) и подуровень, зависящий от физической среды(*Physical Medium – PM*), уровень ATM, уровень адаптации ATM, включающий в себя подуровень конвергенции или слияния(*Convergence Sublayer - CS*), который в свою очередь может делиться на две части: общую (*Common Part Convergence Sublayer - CPCS*) и служебно ориентированную(*Service-Specific Convergence Sublayer – SSCS*) и подуровень сегментации и сборки(*Segmentation and*

*Reassembly - SAR*), а также верхний уровень, объединяющий службы пользователя(*user plane*), контроля(*control plane*) и административного управления(*management plane*).

Три нижних функциональных уровня логической структуры АТМ(уровень адаптации, уровень АТМ и физический уровень) образуют логическую структуру ее транспортной системы, которая используется в качестве транспортного механизма для качественного и своевременного переноса(доставки) всех типов информации между конкретными приложениями или пользователями сети и управления этим переносом. Известно[5,6], что особенностью любой сети интегрального обслуживания является тот факт, что она должна обеспечивать транспортный сервис по крайней мере речевому трафику и трафику данных. Как уже было отмечено, основным отличием в обслуживании указанных типов нагрузки является необходимость обеспечения изохронности(в пределах определенного допуска) передачи между отдельными порциями информации на входе и выходе ТС для речевого трафика и отсутствия этого требования для трафика данных. Обеспечить изохронность передачи в ТС ШЦСИО можно двумя способами[5,6]. Либо необходимо обеспечить строго фиксированное постоянное время доставки каждой порции информации через транспортный канал, либо необходимо так ограничить трафик на входе ТС, чтобы интервалы времени, соответствующие фиксированному значению квантиля распределения времени задержки порций информации в системе (фиксированное значение квантиля гарантирует требуемое качество передачи изохронного трафика) не превышали заданной величины.

При первом способе должны быть полностью исключены случайные задержки информации в ТС. Это возможно лишь в том случае, если ее физические ресурсы предоставляются каждой порции информации без ограничений и конфликтов доступа. Необходимо отметить, что физические ресурсы являются компонентами общесистемных ресурсов, в качестве которых выступают логические каналы соответствующих уровней архитектуры ТС: N - ресурсы и N - каналы в соответствии с терминологией OSI[9,11]. Таким образом, неограниченное бесконфликтное использование физических ресурсов в ТС возможно только при «жестком» их закреплении (а следовательно, и «жестким» закреплением одновременно всех общесистемных ресурсов ТС) за транспортным соединением между двумя сеансовыми объектами. При втором способе допускаются случайные задержки информации в ТС, которые не превосходят некоторой фиксированной величины, т.е. осуществляется ограниченный доступ к ее физическим ресурсам.

В ТС АТМ реализована стратегия с «нежестким» закреплением сетевых ресурсов за соединением, т. е. ТС АТМ относится к классу чисто пакетных (асинхронных) ТС[5,6], которая обеспечивает **асинхронный режим передачи** разнородного трафика для **любой** из служб уровня ААЛ(CBR, VBR, ABR и UBR). Обслуживание всех виртуальных соединений в указанной ТС производится на коллективной основе с ограничением доступа к ее физическим ресурсам и учетом приоритета поступающей нагрузки.

### 3.1. Уровень адаптации АТМ

Наличие, по крайней мере, двух типов трафика в ШЦСИО-АТМ, требующих различных подходов к их распределению и передаче, приводит к тому, что логическая структура сетей указанного класса должна включать в себя дополнительный функциональный уровень совмещения [5,6,17], в задачу которого входит создание возможности передачи разнородных информационных потоков единым образом в общей физической среде. Функция совмещения трафика различных классов в ШЦСИО является важнейшей функцией, характерной для интегрального обслуживания приложений. В докладе[18] показано, что указанная функция в логической структуре ШЦСИО-АТМ реализована на уровне адаптации АТМ. Рекомендацией 1.363 ИТУ-Т определено четыре типа адаптационных уровней (*ATM Adaption Layer - AAL1, AAL2, AAL3/4, AAL5*) с учетом разнообразия протоколов, организации режима связи и требований к качеству обслуживания нагрузки в ШЦСИО-АТМ. Каждому ААЛ соответствует определенная категория обслуживания нагрузки или служба, хотя не исключается, что одни и те же службы могут присутствовать на разных адаптационных уровнях

при условии поддержки их взаимодействия протоколами соответствующего уровня. Необходимо отметить, что технология ATM допускает задание параметров QoS как непосредственно приложением или пользователем, так и назначение их по умолчанию в зависимости от типа трафика. В последнем случае эта функция возлагается на администратора сети.

- **Основные функции служб AAL1.**

AAL1 используется для адаптации к передаче трафика класса А с обеспечением постоянной скорости передачи и повышенных требований к изохронности потока в сеансе связи. Основная функция AAL1 – обеспечение изохронной передачи информации в виртуальном соединении. Эта функция на AAL1 реализуется службой CBR, которая обеспечивает синхронную передачу структурированных или неструктурированных блоков любого трафика с постоянной скоростью. Режим передачи CBR поддерживается технологией эмуляции выделенных каналов (*Circuit Emulation Service – CES*) [12,14,15], принятой ATM Forum в 1995 году.

Кроме того, службы AAL1 обеспечивают обработку потерянных, неверно ретранслированных или испорченных ячеек, а также обработку ошибок.

- **Основные функции служб AAL2.**

AAL2 используется, в основном, для адаптации передачи трафика класса В с установлением соединения. Функции AAL2 практически аналогичны функциям AAL1, а именно, поддержание синхронизации приемника и передатчика, компенсация на приеме джиттера, обработка потерянных, неверно ретранслированных или испорченных ячеек, а также обработка ошибок. Однако, реализации соответствующих функций на AAL2 отличны из-за необходимости адаптации к передаче блоков информации переменной длины. Указанные функции на AAL2 поддерживаются службой VBRrt. Отметим важную отличительную особенность службы VBRrt от службы CBR, которая принципиальна для исследования транспортной системы ATM. Служба CBR для поддержания прозрачного режима передачи использует упрощенную стратегию организации виртуального соединения, при которой за соединением резервируется максимальная полоса пропускания из расчета организации передачи поступающей нагрузки с максимальной скоростью PCR. Кроме того, оконечная система для поддержания постоянной скорости передачи речевого трафика в режиме установленного соединения при возникновении пауз генерирует пустые таймслоты, которые также инкапсулируются службой CBR в ячейки ATM, чем обеспечивается сохранение постоянных временных позиций в ЛЦТ за CBR-каналом при статистическом мультиплексировании трафика на протяжении всего сеанса связи. Это позволяет службе CBR практически эмулировать синхронный TDM-канал. В режиме установленного соединения часть пропускной способности ЛЦТ, которая резервируется за CBR-каналом, не подлежит перераспределению, т.е. полоса пропускания остается постоянной независимо от степени ее реального использования. В режиме VBRrt для поддержания виртуального соединения физические ресурсы сети выделяются в режиме соревнования с образованием очередей. Необходимая суммарная пропускная способность выделяется для VBRrt-канала лишь на период существования активного соединения, а в остальное время полоса освобождается для других категорий обслуживания. При этом обеспечивается заданная сквозная задержка и изохронность передачи.

Служба VBRrt на AAL2 ориентирована на соединение и гарантирует обеспечение параметров трафика класса С при его передаче.

- **Основные функции службы AAL3/4.**

На AAL3/4 для адаптации к передаче трафика классов С и D в основном используются службы ABR и UBR. Основные функции AAL3/4: формирование и выделение протокольного блока данных, обнаружение ошибок, передача информации о необходимой емкости приемного буфера, обеспечение целостности полезной нагрузки, мультиплексирование потоков данных, управление потоком «end-to end» и обеспечение повторной передачи

потерянных или ошибочных данных переменной длины. Служба ABR поддерживает режим, ориентированный на соединение и гарантирует заданную достоверность передачи данных. Служба UBR не гарантирует доставку сообщений. Она не ориентирована на соединение, а обеспечивает дейтаграммный режим передачи.

- **Основные функции служб AAL5.**

Уровень AAL5 предоставляет собой альтернативный вариант AAL3/4, используемый для предоставления категорий обслуживания ABR или UBR для трафика компьютерных данных классов C и D. В отличие от AAL3/4, он менее сложен и применяется для передачи потоков данных различной пачечности в режиме, ориентированном только на соединение. Протокол AAL5 не требует включения дополнительной управляющей информации на подуровне SAR и все 48 байт информационного наполнения задействуются для поля данных ATM-PDU, что несомненно можно отнести к его преимуществам. Однако, протокол AAL5 не обеспечивает обнаружения ошибок в потоке последовательных ячеек и мультиплексирования потоков данных.

### **3.1.1. Подуровень конвергенции CS**

Подуровень конвергенции CS уровня адаптации ATM ориентирован на конкретные приложения пользователя и реализует следующие основные функции: установление, поддержание и разъединение транспортного канала между портами коммутаторов ATM с предоставлением указанной категории обслуживания и требуемым QoS; управление последовательностью (сохранение целостности последовательности) передачи протокольных блоков подуровня; управление потоком «end-to end» с поддержанием заданной достоверности передачи данных и др., т.е. в сравнении с эталонной моделью OSI, реализует основные функции транспортного уровня [11]. На основании информации, поступающей от подуровня сегментации и сборки SAR, о количестве ошибок и потерянных или пришедших не по адресу ячеек, а также о нарушении изохронности и о недогрузке или перегрузке приемного буфера, *подуровень конвергенции обеспечивает поддержание временной и семантической прозрачности в сети и формирует сообщения о состоянии ее сквозных характеристик.*

При установлении транспортного канала (виртуального соединения) приложение или пользователь обслуживается через конкретный логический порт коммутатора ATM в соответствии с выбранной категорией обслуживания. Совокупность виртуальных каналов образует логическую систему - транспортную сеть ATM, или сеть доставки информации [11]. Особенностью подуровня конвергенции в архитектуре TC ATM является то, что *его протокольные блоки должны быть «окрашены» типом передаваемой информации*, что приводит к различным протоколам их передачи, защиты от ошибок и управления потоком. *«Окраска» трафика осуществляется здесь выбором определенной категория обслуживания нагрузки или службы при установлении виртуального соединения.* Протоколы обработки информации на подуровне конвергенции CS дифференцированы в зависимости от класса трафика.

Выбор определенной категории обслуживания (службы) на подуровне конвергенции, в свою очередь, предопределяет выбор соответствующего протокола обработки информации на этом подуровне, а также протокола обработки информации на подуровне сегментации и сборки.

### **3.1.2 Подуровень сегментации и сборки SAR**

Основными функциями подуровня SAR являются: «нарезка» разнородных информационных блоков на сегменты по 48 октетов, с последующим размещением их в информационное поле ячеек уровня ATM на передаче и восстановление этих блоков на приеме; формирование протокольного блока подуровня, контроль изохронности, мониторинг и обработка одиночных ошибок в заголовках протокольных блоков подуровня или их индикация для подуровня конвергенции; мониторинг последовательности поступления ячеек с целью обнаружения потерянных или ошибочно доставленных ячеек. В сети ATM для приложений реального времени не предусмотрена организация повторной передачи ячеек

при обнаружении их потери. Для этих приложений применяется маскирование ошибок на приеме с помощью механизма интерполяции информации, при котором подуровень SAR приемника при обнаружении потери ячейки подставляет вместо нее фиктивную ячейку с указанием ошибки. Дополнительно может применяться перемежение(чередование) данных на передаче[13]. Для некоторых приложений реального времени вместе с перемежением данных применяется метод прямого исправления ошибок[10].

Необходимо отметить, что в логической структуре ТС ATM функция формирование протокольных блоков на подуровне SAR является одной из главных отличительных функций сети, которая обеспечивает интегральное обслуживание разнородного трафика с заданным QoS. Указанная функция, обеспечивает *создание «окрашенных» типом трафика протокольных блоков подуровня различных AAL путем формирования соответствующих полей служебной информации при сегментировании протокольных блоков подуровня конвергенции на передаче и выборе протокола обработки в соответствии с «окраской» типа трафика при сборке на приеме*. Как было отмечено выше, обязательным атрибутом любой сети интегрального обслуживания является уровень *совмещения*, основным назначением которого является обеспечение передачи разнородного трафика в общей физической среде с требуемым качеством. В общем случае основными функциями уровня совмещения являются [5,6]: создание «окрашенных» типом информации протокольных блоков уровня, «окраска» которых используется для выбора соответствующих протоколов обработки на более высоких уровнях архитектуры сети, мультиплексирование и организация синхронизации приемника и передатчика, сегментирование или блокирование протокольных блоков вышестоящего уровня, управление ресурсами, доступных уровню и др. Метки и некоторые поля управляющей информации могут физически отсутствовать в самом протокольном блоке, но логически они всегда существуют.

Таким образом, анализ функций подуровня SAR в ТС ATM позволяет сделать вывод, что он реализует также всю функциональную нагрузку подуровня совмещения. Заметим также, что в архитектуре ТС ATM функция совмещения разнородного трафика логически реализована перед уровнем ATM, на котором обработка разнородного трафика осуществляется единым образом с предоставлением высокоскоростного сервиса коммутации и мультиплексирования для всех типов трафика с учетом дисциплины обслуживания очередей.

В совокупности приведенные выше функции уровня адаптации ATM образуют набор услуг, в т.ч. и по совмещению разнородного трафика, которые предоставляются верхнему уровню архитектуры ATM и обеспечивают установление, поддержание и разъединение логического соединения между двумя объектами этого уровня.

### **3.2. Уровень ATM.**

Уровень ATM обеспечивает набор служб для уровня адаптации ATM через соответствующий набор своих протоколов. Основные функции, которые обеспечивает уровень ATM:

- коммутация ячеек ATM;
- мультиплексирование и демultipлексирование ячеек ATM в тракте передачи;
- управление потоками разнородного трафика;
- управление коммуникационными ресурсами сети и др..

В технологии ATM качество сервиса, определяющее приоритеты по обслуживанию соответствующих виртуальных соединений, ассоциируется с определенными службами уровня AAL. Однако самостоятельно обеспечить требуемые параметры трафика и QoS службы уровня AAL не могут и основную часть указанной работы, при установлении и поддержании виртуальных соединений, возлагают на службы уровня ATM. Технология ATM основывается на установлении соединений. При установлении коммутируемых виртуальных соединений (Switched Virtual Circuits - SVC) на каждом коммутаторе маршрута передачи

вызова осуществляется процедура контроля за установлением соединения - (Connection Admission Control - SAC). Процедура SAC производит оценку возможности предоставления запрашиваемых физических ресурсов сети АТМ, в результате которой за соединением или резервируются требуемые сетевые ресурсы, или вызов блокируется. Запрашиваемые сетевые ресурсы пользователь указывает в так называемом «график-контракте» с сетью, в котором оговаривается определенный набор количественных параметров и требуемое качество обслуживания трафика, а также правила проверки соответствия реальных параметров трафика заявленным[19]. Для постоянных виртуальных соединений (Permanent Virtual Circuits - PVC) сетевые ресурсы резервируются заранее.

Поскольку в режиме установленного соединения параметры QoS не содержатся в заголовке ячейки, для «окраски» трафика в сети на уровне АТМ их идентифицируют парой значений полей индикаторов виртуального пути и виртуального канала, либо адресами и/или номерами портов отправителя/получателя[14]. Информация о параметрах QoS может также размещаться во внутренних дескрипторах(Tag) маршрутизации, которым каждая ячейка снабжается при передаче внутри коммутатора[20]. Контроль за распределением сетевых ресурсов между виртуальными соединениями в соответствии с требуемым QoS обеспечивает функция управления потоками разнородного трафика. Механизмы управления потоком контролируют и регулируют выполнение условий «трафик – контракта» (как со стороны сети, так и со стороны пользователя), а также применяются для выравнивания джиттера ячеек в сети.

В совокупности приведенные выше функции уровня АТМ образуют набор услуг, которые предоставляются уровню адаптации АТМ и обеспечивают установление, поддержание и разъединение логического соединения между двумя объектами уровня ААL.

### **3.3. Физический уровень АТМ.**

Стандарт АТМ не вводит свои спецификации на реализацию физического уровня. Поток ячеек, сгенерированный на уровне АТМ, может быть передан практически по любой существующей или будущей цифровой системе передачи. Методы передачи сигналов зависят от требуемой скорости передачи и типа используемой физической среды, т.е. в качестве физического уровня АТМ может быть использована любая цифровая система передачи, а технология АТМ, являясь основой реализации предлагаемых услуг, призвана оптимизировать ее применение.

#### **3.3.1. Подуровень конвергенции передачи ТС.**

Функции подуровня ТС во многом аналогичны функциям канального уровня модели OSI или подуровня MAC модели IEEE локальных сетей[11,16]. Подуровень ТС на передающей стороне преобразует поток ячеек от уровня АТМ в структурированный поток кадров, т.е. адаптирует указанный поток к интерфейсным протоколам физического уровня и направляет его на подуровень РМ. На приеме подуровень ТС выделяет кадры ячеек из потока данных подуровня РМ, деформирует их и направляет поток ячеек на уровень АТМ. Кроме того, подуровень конвергенции передачи управляет адаптацией скорости передачи данных и осуществляет защиту полей заголовка ячейки. Таким образом, к основным функциям подуровня ТС можно отнести:

- *структурирование кадра(контейнера) или потока ячеек;*
- *формирование поля контроля ошибок в заголовке ячейки АТМ и контроль ошибок на приеме;*
- *согласование скорости ячеек.*

#### **3.3.2. Подуровень физической среды РМ.**

Подуровень РМ физического уровня АТМ управляет передачей данных по каналам связи и, как было отмечено выше, по своей функциональной нагрузке практически не отличается от физического уровня сетевой модели OSI или модели IEEE/ISO/ANSI локальных сетей[11,16]. Подуровень РМ на стороне источника передачи сети АТМ

принимает поток структурированных данных от подуровня конвергенции и преобразует его в электрический или оптический сигнал с последующей передачей в физическую среду. На приемной стороне подуровень РМ производит прием и обратное преобразование физического сигнала в битовый поток, отправляемый на подуровень ТС. Основные функции, которые реализует подуровень РМ:

- *передача битового потока в конкретной физической среде;*
- *синхронизация источника и приемника сигналов;*
- *линейное кодирование и преобразование сигналов.*

В совокупности приведенные выше функции физического уровня АТМ образуют набор услуг, которые предоставляются уровню АТМ при установлении, поддержании и разъединении логического соединения между двумя одноранговыми объектами уровня.

Таким образом, анализ логической структуры ТС АТМ показывает, что она содержит основные элементы всех пяти логических уровней ТС пакетной цифровой сети интегрального обслуживания, описанных в терминологии ее архитектуры [5,6,17], которые отличаются от базовой модели OSI[9] только определенной функциональной полнотой и местом их реализации. А именно, функции физического уровня и уровня звена реализованы на физическом уровне АТМ. Уровень АТМ обеспечивает функции сетевого уровня и, частично, – уровня звена. Уровень адаптации АТМ, помимо основных функций транспортного уровня, поддерживает функции уровня совмещения разнородного трафика. В корпоративной сети, где сеть АТМ является подсетью, - она представляется как двухточечное соединение оконечных устройств АТМ на канальном уровне модели OSI. Отметим, что часть логической структуры АТМ(уровень ААЛ и уровень АТМ), ассоциированная с канальным уровнем модели OSI, имеет сложную горизонтальную и вертикальную подуровневую организацию, а функции указанных уровней значительно отличаются от функций канального уровня модели OSI. Так на уровне АТМ введена функция маршрутизации, которая в модели OSI реализована на сетевом уровне, а уровень адаптации АТМ, реализует функции совмещения разнородного трафика и основные функции транспортного уровня модели OSI. Анализ особенностей реализаций указанных функций в сети АТМ будет проведен автором в дальнейших исследованиях.

#### **Выводы.**

1. Три нижних логических уровня архитектуры АТМ(уровень адаптации, уровень АТМ и физический уровень) образуют архитектуру ее транспортной системы, которая содержит основные функциональные элементы всех логических уровней транспортной системы пакетной цифровой сети интегрального обслуживания, отличающиеся от базовой модели OSI только определенной функциональной полнотой и местом их реализации в горизонтальных и вертикальных подуровнях.
2. Проектирование ШЦСИО-АТМ должно производиться с учетом особенностей архитектуры транспортной системы АТМ, которые порождаются присутствием в сети по крайней мере двумя классами трафика: речи, требующей изохронной передачи потока в цифровом тракте, и данных, которые такого требования не предъявляют.
3. Транспортная система АТМ относится к классу пакетных транспортных систем с «нежестким» закреплением физических ресурсов сети за виртуальным соединением, в которой реализуется асинхронный режим передачи разнородного трафика любой из служб ААЛ(CBR, VBR, ABR и UBR) с учетом дисциплины обслуживания очередей.
4. Специфика организации и поддержания виртуальных соединений службой CBR в сети АТМ фактически превращает виртуальную подсеть транспортных CBR-каналов в основанную на ячейках подсеть транспортных каналов с синхронным временным мультиплексированием.
5. Функции уровня совмещения разнородного трафика в архитектуре АТМ, неперенного атрибута архитектуры любой сети интегрального обслуживания, реализуются на уровне

адаптации АТМ.

### Литература

1. Буренин Н.И, Жигadlo В.Э. Телекоммуникационные сети и новые технологии//Электроника: Наука, Технология, Бизнес – 1999, №1, с.26-29.
2. Ляковский Ю.К. Создание высокоскоростных территориальных систем связи, базирующихся на технологии АТМ. Корпоративные территориальные сети связи, вып.3, под ред.Купермана М.Б., Информсвязь, М.: АРТ-БИЗНЕС-ЦЕНТР, 1997, стр.61-65.
3. Воробьев С.П., Шибанов В.С. Сетевые технологии в отечественных разработках // Тез. докл. Часть 1.VII Санкт-Петербургская междунар. конф. Региональная информатика – 2000. ( 5-8 декабря 2000г.).
4. Элизабет Кларк. АТМ чувствует себя хорошо. Журнал сетевых решений «LAN», №6, 2000г
5. А.А.Амосов, И.Э.Ткачман, М.Л.Шерстнев. Архитектура объединенной цифровой сети связи и основные реализации ее транспортной системы,- Техника средств связи. Сер., 1982, вып. 4(6), с. 3-11.
6. Мошак Н.Н. Разработка методов расчета транспортных систем цифровых сетей связи интегрального обслуживания. Кандидатская диссертация. Л., ЛЭИС им. проф. М.А.Бонч-Бруевича, 1984, 242 с.
7. Голд Б. Цифровые методы передачи речи, ТИИЭР, т.65, №12,1977, с. 5-13.
8. Gruber J.G. Delay related issues in integrated voice and data networks.-IEEE Trans.Commun., 1981, v.COM-29, N6,p. 768-800.
9. Дей Дж.Д., Зиммерман Ю. Эталонная модель взаимосвязи открытых систем (ВОС), ТИИЭР, том 71, № 12, 1983, с. 8-17.
10. Назаров А.Н.,Симонов М.В. АТМ: технология высокоскоростных сетей.-М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1997. – 232с.
11. Э.А. Якубайтис. Информационные сети и системы. Справочная книга. - М.: Финансы и статистика, 1996. 386с.: ил.
12. Джеймс Мартин, Кэтлин Кэвен Чапмен, Джо Либен. ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE. Архитектура и реализация АТМ. - М.: ЛОРИ, 2000 – 214 с.
13. Буассо Марк, Деманаж Мишель, Мюнье Жан-Мари. Введение в технологию АТМ, М.: Радио и связьЮ 1997, 128с.
14. David Ginsburg, ATM solution for enternetworking. Addison Wesley Longman, 1996, p.569.
15. David E. McDysan, Darren L. Spohn. ATM: theory and application. McGraw-Hill series on cmpruter communications, 1995, p. 595.
16. В.Г.Олифер, Н.А.Олифер. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы, СПб: Питер, 2000, 672с.: ил.
17. Амосов А.А., Мошак Н.Н. Анализ транспортных систем интегральных цифровых сетей связи, - М.: Техника средств связи, сер. ТПС, вып.8, 1983, с.3-14.
18. Н.Н.Мошак. Особенности построения архитектуры широкополосной цифровой сети интегрального обслуживания на технологии АТМ // Тез. докл. Часть 1.VII Санкт-Петербургская междунар. конф. Региональная информатика –2000. (5-8 декабря 2000г.).
19. Максим Кульгин. Технологии корпоративных сетей. Энциклопедия – СПб.: «Питер», 1999.-704с.
20. Владимир Ефимушкин, Татьяна Ледовских. Коммутация в сетях АТМ. Часть 1, Сети, №12/99.